

طراحی و ساخت نمونه آزمایشی دستیار دیجیتال شخصی (PDA) جهت ارزیابی پوسچر با استفاده از روش‌های REBA، RULA و QEC

مجید معتمدزاده^۱، زهرا مرادپور^۲، حامد گرجی‌زاده^۳، قاسم حسام^{۴*}، عباس مقیم‌بیگی^۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۶/۱۱

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۱/۵

چکیده

مقدمه: روش‌های ارزیابی پوسچر به‌عنوان محور و مبنای ارزیابی خطر ابتلا به اختلالات اسکلتی عضلانی مرتبط با کار در نظر گرفته می‌شوند. دستیار دیجیتال شخصی یک سیستم کوچک قابل حمل، با سیستم عامل است که می‌توان برنامه‌های مختلفی مثل انواع روش‌های ارزیابی پوسچر را بر روی آن نصب کرد.

مواد و روش‌ها: در ابتدا سه روش ارزیابی پوسچر REBA، RULA و QEC مشخص شد. سپس برنامه روش‌های ارزیابی پوسچر با نرم‌افزار bascom و به زبان basic در آی‌سی میکرو کنترلر خانواده avr نوشته شد و از طریق پروگرامر وارد آی‌سی شد و سیستم PDA ساخته شد. کاربردپذیری PDA توسط نسخه فارسی پرسشنامه کاربردپذیری سیستم، پس از تعیین روایی و پایایی پرسشنامه، سنجیده شد. در نهایت ارزیابی پوسچر توسط PDA با روش قلم و کاغذ مقایسه شد.

یافته‌ها: امتیاز کاربردپذیری سیستم PDA ساخته شده $84/2 \pm 6/2$ بدست آمد که بر اساس مقیاس طبقه‌بندی در رتبه B و وضعیت خیلی خوب قرار گرفت. آلفای کرونباخ و ضریب همبستگی پیرسون پرسشنامه کاربردپذیری سیستم نیز به ترتیب $0/716$ و $0/888$ بدست آمد ($P < 0/001$). مقایسه روش PDA با روش قلم و کاغذ نیز نشان داد، مدت زمان مورد نیاز برای ارزیابی پوسچر با روش PDA کمتر از نصف مدت زمان مورد نیاز برای ارزیابی پوسچر با روش قلم و کاغذ می‌باشد. همچنین احتمال خطای محاسباتی در روش PDA برابر صفر ولی در روش قلم و کاغذ بین $2/33$ تا $8/66$ می‌باشد.

نتیجه‌گیری: استفاده از دستیار دیجیتالی شخصی جهت ارزیابی پوسچر، مشکلات مربوط به تأخیر در رسیدن به نتیجه نهایی را حل کرده و احتمال خطا در محاسبه نتیجه نهایی را به صفر می‌رساند.

کلمات کلیدی: دستیار دیجیتال شخصی، PDA، کاربردپذیری سیستم

۱. استاد، گروه ارگونومی، دانشکده بهداشت، عضو مرکز تحقیقات علوم بهداشتی، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی همدان، همدان، ایران.
۲. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی همدان، همدان، ایران استادیار گروه اپیدمیولوژی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شیراز، شیراز، ایران.
۳. مربی، گروه مهندسی برق کنترل، موسسه آموزش عالی میرداماد گرگان، گرگان، ایران.
۴. ^{*}(نویسنده مسئول) مربی گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شاهرود، شاهرود، ایران. پست الکترونیک: ghasem_hesam@yahoo.com.
۵. دانشیار، گروه آمار زیستی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی همدان، همدان، ایران.

مقدمه

اختلالات اسکلتی عضلانی و دردهای مزمن ناشی از آن یکی از عوامل شایع آسیب‌های شغلی در بیشتر کشورها با شیوع در حدود ۳۵ درصد است که بیشترین علت غیبت‌ها و از کارافتادگی کارگران را تشکیل می‌دهند (۱-۶). سازمان بهداشت جهانی اختلالات اسکلتی عضلانی را یک اختلال در ماهیچه‌ها، تاندون‌ها، اعصاب محیطی یا سیستم‌های عروقی می‌داند که مستقیماً ناشی از یک رویداد و واقعه حاد نبوده بلکه ماهیت مزمن و تدریجی دارند (۷، ۸).

تحقیقات نشان داده است، احساس درد و ناراحتی در قسمت‌های گوناگون سیستم اسکلتی عضلانی از مشکلات عمده در محیط‌های کار است و علت بیش از نیمی از غیبت‌ها در محیط کار، اختلالات اسکلتی عضلانی می‌باشند (۹). بر پایه تحقیقات انجام شده بر خلاف گسترش فزاینده فرایندهای مکانیزه و خودکار، اختلالات اسکلتی عضلانی مرتبط با کار علاوه بر این که بر نوع کیفیت زندگی افراد تأثیر می‌گذارد باعث صرف هزینه‌های مستقیم زیادی به‌منظور تشخیص و درمان آن‌ها و هزینه‌های غیرمستقیم زیادی ناشی از غیبت از کار، از دست دادن زمان کار و از دست دادن نیروهای متخصص می‌شود و یکی از بزرگ‌ترین معضلات بهداشت حرفه‌ای در کشورهای صنعتی است (۱۰، ۱۱) و از جمله مهم‌ترین مسائلی است که ارگونومیست‌ها در سراسر جهان با آن روبرو هستند (۱۲).

در ایالات متحده آمریکا در سال ۱۹۹۰ تقریباً یک‌چهارم غرامات کارگری مربوط به کمردرد بوده و هزینه کلی آن ۵۰ تا ۱۰۰ میلیون دلار تخمین زده شد. همچنین کمردرد دومین علت غیبت ناشی از کار و پنجمین علت مراجعه به پزشک می‌باشد (۱۳). بر اساس طبقه‌بندی NIOSH اختلالات اسکلتی عضلانی در میان مشکلات بهداشتی و عوارض ناشی از کار پس از بیماری‌های تنفسی شغلی دارای رتبه دوم می‌باشد (۱۴).

ریسک فاکتورهای گوناگونی در وقوع این آسیب‌ها نقش دارند که می‌توان آن‌ها را به ریسک فاکتورهای فیزیکی نظیر پوسچر نامناسب، بلند کردن و حمل بارهای سنگین و کارهای توأم با حرکات تکراری (۱۵) روانی، سازمانی و فردی (۱۶، ۱۷) تقسیم نمود. از آنجاکه پوسچر نامناسب هنگام کار یکی از مهم‌ترین ریسک فاکتورهای اختلالات اسکلتی عضلانی است، در بسیاری از شیوه‌های ارزیابی خطر ابتلا به

اختلالات اسکلتی عضلانی، آنالیز پوسچر به‌عنوان محور و مبنای ارزیابی در نظر گرفته شده است (۱۸). روش‌های RULA، REBA و QEC از جمله این روش‌ها هستند. در بیشتر روش‌های فوق ارزیابی بدن به کمک عکس‌برداری یا فیلم‌برداری انجام می‌شود، به این صورت که بعد از فیلم‌برداری پژوهشگر فیلم را می‌بیند و در وضعیت‌های مختلف فیلم را متوقف کرده و کد مربوط به هر اندام را تشخیص می‌دهد (۱۹). این روش‌های ارزیابی متکی به کاغذ و قلم و دوربین می‌باشد که با مقادیر زیادی کاغذبازی و تأخیر در رسیدن به نتیجه نهایی و احتمال عدم دقت در جمع‌آوری داده‌ها همراه است. این امر نیاز به ابزاری بهتر برای ارزیابی پوسچر را ایجاب می‌کند. دستیار دیجیتالی شخصی (Personal Digital Assistant) یک سیستم کوچک قابل حمل شخصی با سیستم عامل است. کاربرد اصلی این وسیله در موردی است که نیاز به مزایای رایانه عادی در محیط‌هایی است که به قابل حمل بودن آن نیاز می‌باشد (۲۰). دیجواندا و همکاران (۲۰۰۸)، سیستم PDA را ساختند که قابلیت ارزیابی ارگونومی و ایمنی را با چهار روش QEC، SI، RA و HSA را دارد. نتایج نشان داد که استفاده از این سیستم برای کاربران بسیار ساده و راحت می‌باشد و همچنین باعث صرفه‌جویی بسیاری در زمان و هزینه می‌شود. استفاده از این سیستم برای ارزیابی ارگونومی و ایمنی بسیار امیدوارکننده و مناسب می‌باشد (۲۰). جاکوبز (۲۰۰۵) نیز جهت ارزیابی پوسچر ایستگاه‌های کاری رایانه ارتش از PDA استفاده کرد. نتایج نشان داد که ورود داده‌ها به این سیستم بسیار ساده می‌باشد و تجزیه و تحلیل و گزارش نتایج نیز سریعاً پس از اتمام ارزیابی نمایش داده می‌شود (۲۱).

سه روش RULA، REBA و QEC از جمله پرکاربردترین روش‌های ارزیابی پوسچر در ایران و دیگر کشورها می‌باشد (۲۲-۲۴). استفاده از دستیار دیجیتالی شخصی که قابلیت ارزیابی پوسچر را داشته باشد مشکلات مربوط به محاسبات کاغذی و تأخیر در رسیدن به نتیجه نهایی و احتمال عدم دقت در جمع‌آوری داده‌ها را حل می‌کند. استفاده از این سیستم می‌تواند امکان ارزیابی دقیق‌تر و آسان‌تر پوسچر را فراهم آورد. هدف اصلی این مطالعه طراحی و ساخت نمونه آزمایشی سیستم دستیار دیجیتال شخصی با قابلیت ارزیابی پوسچر با سه روش RULA، REBA و QEC می‌باشد.

مواد و روش‌ها

جهت برنامه‌نویسی سیستم، ابتدا سه روش ارزیابی پوسچر مورد مطالعه به‌خوبی مشخص و تعریف شد. روش REBA یکی از روش‌های مشاهده‌ای و سریع ارزیابی پوسچر می‌باشد. در این روش قسمت‌های مختلف بدن به دو گروه A و B جهت آنالیز تقسیم می‌شوند. در گروه A پوسچر تنه، گردن و پاها قرار دارد که جمعا ۶۰ پوسچر ترکیبی را شامل می‌گردد. در گروه B پوسچرهای بازو، ساعد و مچ‌ها قرار دارد که جمعا ۳۶ پوسچر ترکیبی را شامل می‌گردد. ابتدا با توجه به زوایا و وضعیت قرار گرفتن هر کدام از اندام‌های گروه A و گروه B امتیاز مربوطه که در جداول مخصوص امتیازدهی این روش ارائه شده است انتخاب و ثبت می‌گردد. در این روش برای تاثیر دادن بار یا نیروی کاری که فرد حین انجام کار و داشتن پوسچر مورد نظر اعمال می‌کند از امتیازات مربوط به بار یا نیروی کاری و نیز برای پایش و دخالت نحوه چنگش با توجه به وضعیت چنگش وسیله‌ای که فرد هنگام داشتن پوسچر مورد نظر دارد از امتیازات مربوطه به چنگش امتیاز استفاده می‌شود. با توجه به اینکه داشتن وضعیت‌های استاتیک و دینامیک و حرکات تکراری هنگام کار تاثیر بسزایی بر اندام‌های بدن دارند لذا برای دخالت دادن این موضوع که نقش مهمی را در بروز اختلالات اسکلتی عضلانی مرتبط با کار دارد، امتیاز فعالیت در این روش در نظر گرفته شده است. با انتخاب هر کدام از امتیازات گفته شده و درج آن‌ها در برگه ثبت امتیازات و با استفاده از جدول مربوطه، امتیاز نهایی روش REBA بدست می‌آید و سطوح اقدامات اصلاحی تعیین می‌شود (۲۵).

روش RULA یکی از روش‌های ارزیابی پوسچر اندام فوقانی می‌باشد. در این روش نیز بدن، به دو گروه A و B تقسیم می‌شود. گروه A شامل بازو، ساعد، مچ و چرخش مچ و گروه B شامل گردن، تنه و پاها. دامنه حرکت هر عضو بدن با توجه به زوایایی که به خود می‌گیرند به بخش‌هایی که کدگذاری شده‌اند تقسیم می‌شود که امتیاز یک برای دامنه‌ای از حرکت یا وضعیت کاری است که حداقل فاکتور خطر وجود دارد. امتیازات بالاتر برای بخش‌هایی از دامنه حرکت با وضعیت‌های کاری است که وجود فاکتورهای خطر بالاتری را نشان می‌دهد. در این روش نیز برای دخالت دادن وضعیت‌های

استاتیک و دینامیک و حرکات تکراری هنگام کار که تاثیر بسزایی را بر فشار وارد بر اندام‌های بدن دارند و همچنین تاثیر دادن بار یا نیروی کاری که فرد حین انجام کار و داشتن پوسچر مورد نظر اعمال می‌کند که از امتیازات عضله و امتیازات بار یا نیروی کاری که در جداول مربوط به این روش آمده است بهره گرفته می‌شود. در این روش امتیاز بار کاری و امتیاز به‌کارگیری عضله به‌طور جداگانه برای هر دو گروه از اندام‌ها محاسبه می‌گردد. با درج امتیازات هر یک از پارامترهای این روش در برگه ثبت امتیازات و استفاده از جداول مربوطه، امتیاز نهایی RULA حاصل می‌گردد و بر اساس آن سطح اقدامات اصلاحی تعیین می‌گردد (۲۶).

روش QEC به بررسی سریع مواجهه با ریسک فاکتورهای اختلالات اسکلتی عضلانی مرتبط به کار می‌پردازد. در این روش پوسچر و حرکات‌های تکراری کمر، شانه/بازو، مچ/دست و گردن مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. همچنین اطلاعاتی در زمینه مدت زمان انجام کار، سرعت انجام کار، حداکثر وزن بار، اعمال نیرو به وسیله دست، ارتعاش، رانندگی، استرس و نیاز دیداری وظیفه توسط پرسش از کارگر، گردآوری می‌شود. بزرگی هر یک از موارد ارزیابی شده به‌صورت سطوح مواجهه دسته‌بندی شده و سپس با استفاده از جدول امتیاز گذاری سطح مواجهه ترکیبی با ریسک فاکتورهای گوناگون برای هر یک از اندام‌های یاد شده تعیین می‌شود (۲۷).

پس از مشخص شدن روش‌های ارزیابی پوسچر، برنامه‌نویسی روش‌ها انجام شد. برنامه با نرم‌افزار bascom و به زبان basic در IC میکرو کنترلر خانواده avt نوشته شد و از طریق پروگرامر وارد IC شد. در این نرم‌افزار اتصالات مربوط به LCD گرافیکی شکل‌دهی شد و تمامی صفحات مورد نیاز کاربر طراحی گردید. به دلیل عدم پشتیبانی زبان فارسی توسط این LCDها تمامی فونت‌های فارسی مورد نیاز که در حدود ۷۰ کاراکتر می‌باشد طراحی و گنجانده شد. شکل ۱ مدل شبیه‌سازی شده سیستم PDA را نشان می‌دهد.

پس از برنامه‌نویسی، برنامه بر روی سخت‌افزار نصب شده و مدار سخت‌افزار بسته شد. سخت‌افزارهایی که در این سیستم استفاده شد شامل IC میکرو کنترلر خانواده avr، LCD گرافیکی ۱۲۸×۶۴ پیکسل، صفحه لمسی ۱۲۸×۶۴، فیبر PCB، سنسور LDR، سیم آیفون و کابل تامین برق می‌باشد.

تهیه شد. سپس پایایی نسخه فارسی پرسشنامه کاربرپذیری سیستم مورد سنجش قرار گرفت. جهت بررسی پایایی، از ۵ پوسچر خاص عکس تهیه شده و این ۵ عکس توسط ۶۰ کارشناس بهداشت حرفه‌ای مراکز صنعتی و بهداشتی با استفاده از PDA با هر سه روش REBA، RULA و QEC مورد ارزیابی قرار گرفته شد. پس از ارزیابی، کارشناسان پرسشنامه کاربرپذیری سیستم را پر کردند. پس از دو هفته، ارزیابی پوسچرها و پر کردن پرسشنامه کاربرپذیری سیستم توسط همان کارشناسان مجدداً انجام شد. سپس با استفاده از ضریب همبستگی پیرسون و آلفای کرونباخ پایایی پرسشنامه مشخص شد. پس از بررسی روایی و پایایی، میانگین و انحراف معیار امتیاز پرسشنامه‌های کاربرپذیری سیستم محاسبه شده که به‌عنوان نمره کاربرپذیری PDA گزارش شد.

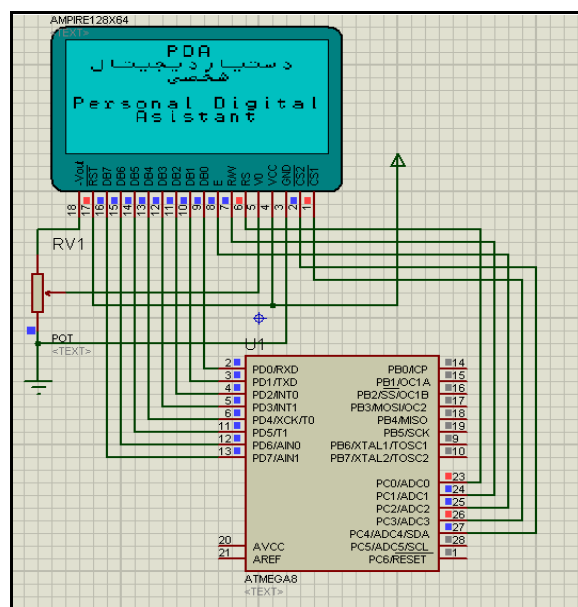
جهت مقایسه کارایی سیستم PDA با روش قلم و کاغذ، پس از ارزیابی پوسچری که توسط ۶۰ کارشناس بهداشت حرفه‌ای مراکز صنعتی و بهداشتی با استفاده از PDA انجام شد از این افراد خواسته شد که این ارزیابی پوسچرها را توسط قلم و کاغذ نیز انجام دهند و زمان مورد نیاز جهت دو شیوه ارزیابی پوسچر (سیستمی و قلم و کاغذی) اندازه‌گیری و با هم مقایسه شد. همچنین در روش قلم و کاغذ تعداد امتیاز نهایی که توسط کارشناسان به‌صورت صحیح یا غلط محاسبه شده نیز جهت بدست آوردن درصد احتمال خطا مشخص شد.

یافته‌ها

تصویر دستیار دیجیتال شخصی ساخته شده در شکل ۳ آمده است. وزن این سیستم ۳۰۰ گرم و دارای ابعاد $13 \times 8 \times 3/5$ سانتی‌متر می‌باشد.



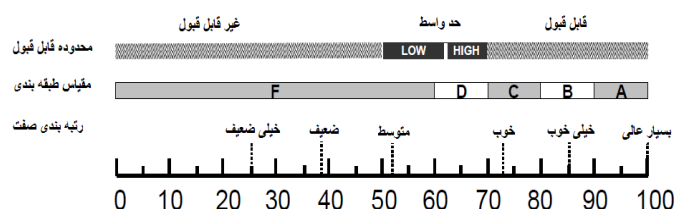
شکل ۳: تصویر PDA



شکل ۱: مدل شبیه سازی شده سیستم PDA

پس از برنامه‌نویسی و مدار بندی نیاز بود سخت‌افزارها در پوششی قرار گیرند. بدنه سیستم از جنس پلاستیک ساخته شده که کل سخت‌افزارها به‌جز LCD و پورت کابل برق در آن قرار گرفتند. بدنه دارای درب نیز می‌باشد که در هنگام استفاده نکردن از سیستم، جهت ضربه نخوردن LCD، درب بسته می‌شود.

پس از ساخت سیستم، کاربرپذیری سیستم توسط مقیاس کاربرپذیری سیستم (System Usability Scale) سنجیده شد. این مقیاس، پرسشنامه‌ای شامل ۱۰ سوال پنج گزینه‌ای می‌باشد که امتیاز هر سوال از ۰ تا ۴ می‌باشد. جهت بدست آوردن نمره نهایی SUS از امتیاز سوالات ۱، ۳، ۵، ۷ و ۹ یک واحد کسر و امتیازات سوالات ۲، ۴، ۶، ۸ و ۱۰ از عدد ۵ کم می‌شود. سپس نتایج با هم جمع شده و در $2/5$ ضرب می‌شود (۲۸). در نهایت جهت ارزیابی نمره بدست آمده که عددی بین ۰ و ۱۰۰ می‌باشد از شکل ۲ استفاده شد (۲۹).



شکل ۲: مقیاس ارزیابی نمره کاربرپذیری سیستم

پرسشنامه کاربرپذیری سیستم به زبان انگلیسی بود که با روش استاندارد Backward-Forward نسخه فارسی پرسشنامه مذکور

در این سیستم ورود داده‌ها توسط فرد ارزیابی کننده با استفاده از صفحه لمسی انجام می‌شود. نمونه‌ای از سوالات در شکل ۴ آمده است.



شکل ۴: نمونه‌ای از سوالات ارزیابی پوسچر به روش RULA

پس از ارزیابی پوسچر، نتایج ارزیابی سریعاً توسط دستگاه محاسبه شده و گزارش می‌شود. نمونه‌ای از نتایج گزارش شده از دستگاه در شکل ۵ آمده است.

قابلیت اطمینان این سیستم با آنالیز پوسچرهای مختلف و مقایسه نتایج سیستم با نتایج واقعی سنجیده شد و نشان داد احتمال خطای سیستم صفر می‌باشد.

نتایج بررسی کاربرپذیری این سیستم نشان داد، امتیاز کاربرپذیری

سیستم $۶/۲ \pm ۸۴/۲$ بدست آمد که بر اساس مقیاس طبقه‌بندی در رتبه B و محدوده قابل قبول و وضعیت خیلی خوب قرار گرفت. جهت تعیین پایایی نیز آلفای کرونباخ محاسبه شد و مقدار آن $۰/۷۱۶$ بدست آمد. همچنین ضریب همبستگی پیرسون بین امتیاز کل دو بار پر کردن پرسشنامه توسط کارشناسان بهداشت حرفه‌ای، برابر $۰/۸۸۸$ بدست آمد ($P < ۰/۰۰۱$).



شکل ۵: نمونه‌ای از نتایج نهایی ارزیابی پوسچر به روش RULA

نتایج مقایسه روش PDA با روش قلم و کاغذی بر اساس مدت زمان مورد نیاز برای انجام ارزیابی پوسچر در جدول ۱ آمده است. نتایج نشان داد مدت زمان مورد نیاز برای ارزیابی ۵ پوسچر خاص با روش PDA کمتر از نصف مدت زمان مورد نیاز برای ارزیابی همان پوسچرها با روش قلم و کاغذ می‌باشد.

جدول ۱: مدت زمان مورد استفاده برای ارزیابی پوسچر پنج پوسچر خاص (میانگین \pm انحراف معیار (ثانیه))

روش PDA	روش قلم و کاغذ	مدت زمان امتیازدهی	مدت زمان آنالیز داده‌ها	مجموع	مجموع مدت زمان امتیازدهی و آنالیز
REBA	$۱۰۳/۸ \pm ۸۰۲/۹۲$	$۱۰۰/۶ \pm ۸۱۱/۳$	$۱۵۸/۵ \pm ۱۶۱۴/۲$	$۸۸/۴ \pm ۷۵۵/۹۳$	
RULA	$۹۹/۶ \pm ۸۱۱/۱۵$	$۱۰۹/۲ \pm ۸۰۵/۳$	$۱۴۳/۲ \pm ۱۶۱۶/۴$	$۹۰/۶ \pm ۷۵۹/۲$	
QEC	$۹۵ \pm ۷۷۹/۶$	$۱۰۶/۷ \pm ۸۶۰/۵$	$۱۵۳/۳ \pm ۱۶۴۰/۱$	$۹۶/۳ \pm ۷۶۷/۸$	

ارزیابی پوسچر با روش REBA، RULA و QEC به ترتیب ۳، ۲، ۳ در جدول ۲ ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد احتمال خطا در ارزیابی

جدول ۲: احتمال خطا در محاسبه امتیاز نهایی پوسچر در روش قلم و کاغذ

روشهای ارزیابی پوسچر	تعداد پوسچر	نتایج صحیح	نتایج غلط	درصد خطا
REBA	۳۰۰	۲۹۳	۷	۲/۳۳
RULA	۳۰۰	۲۹۱	۹	۳
QEC	۳۰۰	۲۷۴	۲۶	۸/۶۶

بحث

هدف از این مطالعه طراحی و ساخت سیستم دستیار دیجیتال شخصی با قابلیت ارزیابی پوسچر به سه روش REBA, RULA و QEC و بررسی کاربردپذیری این سیستم بود که پس از مشخص شدن کاربردپذیری این سیستم، کارایی و مزایای این سیستم نسبت به روش سنتی قلم و کاغذ مشخص شد. در طراحی این سیستم سعی شده است ابعاد و اندازه، وزن و ویژگی‌های صفحه نمایش سیستم ارگونومیک بوده و کار کردن با آن بسیار ساده باشد. طراحی صفحه سوالات و پاسخ‌ها تا حدی ساده می‌باشد که بسیاری از افراد بدون نیاز به آموزش می‌توانند به راحتی از این سیستم استفاده کنند. نوشتن سوالات و پاسخ‌ها به زبان فارسی و قابل فهم در این سیستم از دیگر ویژگی‌های این سیستم می‌باشد.

در بررسی کاربردپذیری این سیستم امتیاز قابل قبول و در سطح خیلی خوب کسب شده است. بیشتر سوالات پرسشنامه کاربردپذیری سیستم به بررسی پیچیده نبودن و استفاده آسان از سیستم می‌پردازد که ساده بودن صفحات PDA ساخته شده و کار کردن آسان با این سیستم، دلیل عمده کسب امتیاز خیلی خوب در بررسی کاربردپذیری می‌باشد. امتیاز کاربردپذیری سیستمی که دیواندا و همکاران ساخته بودند، ۳/۶۳ از ۵ نمره بوده است. آن‌ها دلیل امتیاز پایین کسب شده را، شلوغ و پیچیده بودن صفحه نمایش گزارش کردند (۲۰).

مقایسه زمان مورد نیاز جهت ارزیابی پوسچر توسط PDA با روش قلم و کاغذ نشان داد، این سیستم بیش از ۵۰ درصد سبب صرفه جویی در زمان می‌شود. روزانه تعداد زیادی از صنایع و مراکز بهداشتی جهت بررسی ریسک اختلالات اسکلتی عضلانی از روش‌های مختلف ارزیابی پوسچر استفاده می‌کنند. مدت زمانی از روز که فرد صرف انجام این ارزیابی‌ها می‌کند بسیار حائز اهمیت می‌باشد. کاهش ۵۰ درصد زمان مورد استفاده جهت ارزیابی پوسچر با توجه به ارزش بالای زمان برای افراد و اقتصاد صنعت، می‌تواند کمک زیادی در کاهش خستگی و افزایش بهره‌وری کارکنان بهداشتی صنایع و مراکز بهداشتی گردد. همچنین با افزایش تعداد مراکز صنعتی و افزایش تعداد کارگرانی که با پوسچرهای نامناسب در تماس‌اند استفاده از سیستم‌های سنتی قلم و کاغذی جوابگوی نیازهای صنعت نخواهد

بود. دمپسی و همکاران (۲۰۰۵) گزارش کردند، زمان یکی از مهم‌ترین آیتم‌های ارزیابی پوسچر می‌باشد که افراد ارزیاب پوسچر بسیار زیاد به آن توجه می‌کنند (۳۰).

از دیگر مزایای این سیستم نسبت به روش قلم و کاغذ، مشخص کردن سطح اقدامات اصلاحی پس از انجام ارزیابی پوسچر می‌باشد. در روش قلم و کاغذ، افراد معمولاً داده‌های ارزیابی را به محل کار خود می‌برند و با استفاده از جداول مربوطه یا نرم‌افزار، سطح اقدامات اصلاحی را مشخص می‌کنند. این عمل سبب می‌شود فرد ارزیاب در حین ارزیابی از وضعیت ارگونومیک شغل مورد نظر مطلع نشود. ولی استفاده از PDA این قابلیت را دارد که پس از ارزیابی سطح اقدامات و ضرورت اقدامات مشخص شود و فرد بر اساس ضرورت اقدامات، کنترل‌های لازم را انجام دهد.

علاوه بر مهم بودن صحت ارزیابی پوسچر، دقت در محاسبه نتیجه نهایی که از جداول مربوطه بدست می‌آید نیز بسیار مهم می‌باشد. وارد کردن داده‌های ارزیابی به صورت دستی در جداول یا نرم‌افزار ممکن است همراه با خطا باشد. احتمال این خطا نیز با پیچیدگی روش ارزیابی، افزایش می‌یابد بطوریکه در روش QEC که محاسبه نتیجه نهایی آن تا حدودی پیچیده‌تر از روش‌های دیگر است ۸/۶۶ درصد احتمال خطا وجود دارد. با توجه به اینکه ضرورت اقدامات و انجام مداخلات بر اساس سطح اقدامات اصلاحی تعیین می‌شود، خطا در محاسبات می‌تواند جدول زمان‌بندی برای مداخلات را به اشتباه تغییر دهد و سبب شود کارگر همچنان با ریسک بالای اختلالات اسکلتی عضلانی مواجه باشد.

با توجه به مزایایی فوق‌الذکر و همچنین برتری غیر قابل انکاری که روش‌های دیجیتالی نسبت به روش‌های محاسبات دستی دارد، استفاده از روش PDA جهت ارزیابی پوسچر می‌تواند جایگزین خوبی برای روش‌های قلم و کاغذی باشد. دمپسی و همکاران (۲۰۰۵) گزارش کردند، ۵۰/۶ درصد از افرادی که ارزیابی پوسچر انجام می‌دهند روش ارزیابی پوسچر دیجیتالی را ترجیح می‌دهند (۳۰). استفاده از PDA در مراکز بهداشتی و صنعتی، جهت ارزیابی پوسچر، می‌تواند گام موثری در ارتقاء ارگونومی و تشخیص مشاغل با ریسک بالای اختلالات اسکلتی عضلانی باشد.

نتیجه‌گیری

با توجه به حجم بالایی از ارزیابی پوسچرهایی که روزانه در صنایع مختلف انجام می‌شود و زمان زیادی که کارشناسان صنایع برای این منظور صرف می‌کنند نیاز به سیستمی می‌باشد که در زمان کوتاه‌تری بتواند این ارزیابی را انجام دهد. استفاده از دستیار دیجیتالی شخصی جهت ارزیابی پوسچر، مشکلات مربوط به تأخیر در رسیدن به نتیجه نهایی را حل کرده و همچنین می‌تواند احتمال

منابع

خطایی که در محاسبات قلم و کاغذی وجود دارد را حذف کند.

تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل طرح تحقیقاتی با عنوان طراحی و ساخت نمونه آزمایشی دستگاه دستیار دیجیتالی شخصی (PDA) جهت ارزیابی پوسچر با استفاده از روش‌های RULA، REBA و QEC، در سال ۱۳۹۲ و کد ۹۲۰۲۱۰۴۷۰ است که با حمایت دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی همدان اجرا شده است.

1. Abásolo L, Blanco M, Bachiller J, Candelas G, Collado P, Lajas C, et al. A health system program to reduce work disability related to musculoskeletal disorders. *Annals of Internal Medicine*. 2005;143(6):404.
2. Akrouf Q, Crawford J, Al-Shatti A, Kamel M. Musculoskeletal disorders among bank office workers in Kuwait. *EMHJ*. 2010;16(1).
3. Genaidy A, Al-Shedi A, Shell R. Ergonomic risk assessment: preliminary guidelines for analysis of repetition, force and posture. *Journal of human ergology*. 1993;22(1):45.
4. Maul I, Läubli T, Klipstein A, Krueger H. Course of low back pain among nurses: a longitudinal study across eight years. *Occupational and Environmental Medicine*. 2003;60(7):497-503.
5. Shahnava H. Workplace injuries in the developing countries. *Ergonomics*. 1987;30(2):397-404.
6. Smith DRDR, Sato M, Miyajima T, Mizutani T, Yamagata Z. Musculoskeletal disorders self-reported by female nursing students in central Japan: a complete cross-sectional survey. *International Journal Of Nursing Studies*. 2003;40(7):725-729.
7. Anghel M, Argesanu V, Niculescu C, Lungeanu D. Musculoskeletal disorders (MSDs)-consequences of prolonged static postures. *J Experiment Med Surg Res*. 2007;4:167-172.
8. Valachi B, Valachi K. Mechanisms leading to musculoskeletal disorders in dentistry. *The Journal of the American Dental Association*. 2003;134(10):1344-1350.
9. Ohlsson K, Attewell R, Skerfving S. Self-reported symptoms in the neck and upper limbs of female assembly workers: impact of length of employment, work pace, and selection. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*. 1989;75-80.
10. Chiasson ME, Imbeau D, Aubry K, Delisle A. Comparing the results of eight methods used to evaluate risk factors associated with musculoskeletal disorders. *International Journal of Industrial Ergonomics*. 2012;42:478-488.

11. Goncalves M, Fischer FM, Lombardi JM, Ferreira RM. Work activities of practical nurses and risk factors for the development of musculoskeletal disorders. *Journal of Human Ergology*. 2001;30(1-2):369.
12. Vanwonderghem K. Work-related musculoskeletal problems: Some ergonomics considerations. *J Hum Ergol*. 1996;25(1):5-13.
13. Guo HR, Chang YC, Yeh WY, Chen CW, Guo YL. Prevalence of musculoskeletal disorder among workers in Taiwan: a nationwide study. *Journal of Occupational Health*. 2004;46(1):26-36.
14. Buckle P. Ergonomics and musculoskeletal disorders: overview. *Occupational Medicine*. 2005;55(3):164-167.
15. Kee D, Karwowski W. LUBA: an assessment technique for postural loading on the upper body based on joint motion discomfort and maximum holding time. *Applied Ergonomics*. 2001;32(4):357-366.
16. Carter J, Banister E. Musculoskeletal problems in VDT work: a review. *Ergonomics*. 1994;37(10):1623-48.
17. Linton SJ, Kamwendo K. Risk factors in the psychosocial work environment for neck and shoulder pain in secretaries. *J Occup Med*. 1989;31(7):609-613.
18. Li G, Buckle P. Current techniques for assessing physical exposure to work-related musculoskeletal risks, with emphasis on posture-based methods. *Ergonomics*. 1999;42(5):674-695.
19. Choubineh AR, Mokhtarzadeh A, Salehi M, Tabatabaei SH. Ergonomic evaluation of exposure to musculoskeletal disorders risk factors by QEC technique in a rubber factory. *Scientific Medical Journal*. 2008;7(1):54-64.
20. Djuanda H, Yassierli, editors. Design and Usability Evaluation of PDA-based Ergonomics and Safety Assessment. *Proceedings of The 9th Asia Pasific Industrial Engineering & Management Systems Conference*; 2008 December 3 – December 5; Nusa Dua.
21. Jacobs K. Posture Checklist Using Personal Digital Assistant (PDA) Technology. In: Stanton NA, Hedge A,

Brookhuis K, Salas E, Hendrick HW, editors. Handbook of human factors and ergonomics methods. Washington DC: CRC; 2004. p. 101-105.

22. Chiasson M-È, Imbeau D, Aubry K, Delisle A. Comparing the results of eight methods used to evaluate risk factors associated with musculoskeletal disorders. International Journal of Industrial Ergonomics. 2012;42(5):478-488.

23. Hebbal S, Kumar A. Ergonomic Risk Assessment using Postural Analysis Tools in a Bus Body Building Unit. Industrial Engineering Letters. 2013;3(8):10-20.

24. Motamedzade M, Ashuri MR, Golmohammadi R, Mahjub H. Comparison of ergonomic risk assessment outputs from rapid entire body assessment and quick exposure check in an engine oil company. Journal of Research in Health Sciences. 2011;11(1):26-32.

25. Hignett S, McAtamney L. Rapid entire body assessment (REBA). Applied ergonomics. 2000;31(2):201-205.

26. Massaccesi M, Pagnotta A, Soccetti A, Masali M, Masiero C, Greco F. Investigation of work-related disorders in truck drivers using RULA method. Applied Ergonomics. 2003;34(4):303-307.

27. David G, Woods V, Li G, Buckle P. The development of the Quick Exposure Check (QEC) for assessing exposure to risk factors for work-related musculoskeletal disorders. Applied Ergonomics. 2008;39(1):57-69.

28. Brooke J. SUS-A quick and dirty usability scale. Jordan P.W, Thomas B, Weerdmeester B.A, McClelland I.L, editors. London: Taylor and Francis;1996.

29. Bangor A, Kortum P, Miller J. Determining what individual SUS scores mean: Adding an adjective rating scale. Journal of Usability Studies. 2009;4(3):114-123.

30. Dempsey PG, McGorry RW, Maynard WS. A survey of tools and methods used by certified professional ergonomists. Applied Ergonomics. 2005;36(4):489-503.

Design and fabrication of a personal digital assistant (PDA) prototype for postural assessment using the RULA, REBA and QEC techniques

Majid Motamedzade¹, Zahra Moradpour², Hamed Gorjizadeh³, Ghasem Hesam^{4*},
Abbas Moghim Beigi⁵

Received: 02/09/2014

Accepted: 25/01/2015

Abstract

Introduction: Postural assessment methods are considered pivotal in the investigation of the risks of developing job-related musculoskeletal disorders. The personal digital assistant (PDA) is a small mobile solution with an operating system that can run various programs, such as on postural assessment techniques.

Materials and Methods: Three methods of postural assessment, including the QEC, RULA and REBA, were first selected. The postural assessment techniques' program was then developed using BASCOM in the Basic language in the AVR microcontroller IC and entered into the IC by a programmer for developing the PDA. The PDA usability was evaluated using the Persian version of the system usability scale after the validity and reliability of the scale were determined. The PDA postural assessment was then compared with the paper method.

Results: The PDA's system usability scale was 84.2 ± 6.2 , which was ranked as B and very good in the classification scale adopted. The Cronbach's alpha and Pearson's correlation coefficient for the system usability scale were calculated as 0.716 and 0.888 ($p < 0.001$). The comparison between the PDA method and the paper method showed the amount of time required for postural assessment through the PDA to be less than half the amount of time required by the paper method. In addition, the probability of calculation errors is zero with the PDA, but ranging from 2.33 to 8.66 with the paper method.

Conclusion: The use of the personal digital assistant for conducting postural assessments solved the problem of delays in achieving ultimate results and eliminated the probability of errors in the calculation of final results.

Keyword: Personal digital assistant, PDA, System usability.

1. Professor, Ergonomics Department, Faculty of Public Health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran.
2. MSc student, Department of Occupational Hygiene, Faculty of public health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran
3. Department of Control electrical engineering, Gorgan Mirdamad Institute of Higher Education, Gorgan, Iran.
4. ***(Corresponding Author)** Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health, Shahrood University of Medical Sciences, Shahrood, Iran. E-Mail: ghasem_hesam@yahoo.com)
5. Department of Epidemiology and Biostatistics, School of Public Health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran.